

На правах рукописи

РЫЛЬСКИЙ Илья Аркадьевич

**ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ТРАССИРОВАНИЯ
ТРУБОПРОВОДОВ**

25.00.35 - геоинформатика

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата географических наук

МОСКВА 2006



Работа выполнена в лаборатории комплексного картографирования географического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова

Научный руководитель: доктор географических наук,
профессор В.С. Тикунов

Официальные оппоненты: доктор географических наук,
старший научный сотрудник
М.Я. Козлов

кандидат географических наук,
доцент Е.Г. Капралов

Ведущая организация: ОАО «СтройТрансГаз»

Защита состоится 11 мая в 15:00 на заседании диссертационного совета по геоморфологии и эволюционной географии, гляциологии и криолитологии Земли, картографии, геоинформатике (Д-501.001.61) в Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова по адресу: 119992, Москва, ГСП-2, Ленинские Горы, МГУ, географический факультет, аудитория 2109.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке географического факультета МГУ на 21 этаже географического Факультета МГУ по адресу: 119992, Москва, Ленинские Горы, Главное здание МГУ, географический факультет.

Автореферат разослан 10 апреля 2006 г.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенные печатью) просим отправлять по адресу 119899, Москва, ГСП-2, Ленинские Горы, МГУ, географический факультет.

Факс: (095) 939-38-01. e-mail: geogco@geogrmsu.su

Ученый секретарь
диссертационного
совета,
профессор



Ю.Ф. Книжников

2006А
7236

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность темы исследования. Строительство крупных нефтепроводов для транспортировки углеводородов – задача особой важности для РФ. Истощение старых месторождений и необходимость подключения новых к существующим трубопроводным системам требует строительства новых участков. Стоимость проектных изысканий и строительства подобных объектов чрезвычайно высока.

В настоящее время методология выбора трассы трубопровода на этапе ТЭО разработана слабо. Использование автоматизированных методов практически нет, работа ведется на основе субъективного анализа материалов без точных количественных расчетов. При незначительном изменении входного набора данных все операции по подготовке данных приходится переделывать, как правило, вручную. Отсутствует методика оценки качества трассирования, несмотря на то, что методики сбора, подготовки и анализа пространственных данных с использованием ГИС разработаны достаточно хорошо.

В то же время разработаны математические алгоритмы поиска оптимального пути по заданной стоимостной поверхности, опубликован ряд трудов, посвященных этой проблеме. Однако использования этих методов в сочетании с современными системами обработки информации нет. Достаточная изученность территории РФ создает хорошие предпосылки для развития и внедрения методов автоматизированного трассирования и количественной оценки оптимальности трасс трубопроводов.

Целью диссертационной работы является разработка теоретических основ геоинформационного обеспечения и методики автоматизированного трассирования магистральных трубопроводов на этапе технико-экономического обоснования (ТЭО) с оценкой стоимости строительства в каждой точке тестовой о региона.

Для достижения данной цели было необходимо следующее:



- Проанализировать опыт и подходы отечественных и зарубежных исследователей в области трассирования, обосновать возможность использования существующих данных и применения различных программных и технических средств для создания ГИС, предназначенных для проведения автоматизированного трассирования магистральных трубопроводов на этапе ТОО
- Разработать геоинформационную методику обработки данных для оценки влияния компонентов географической среды на стоимость строительства трубопровода (на этапе технико-экономического обоснования).
- Разработать методы обработки и хранения данных об окружающей среде в составе ГИС с целью их использования для автоматизированного трассирования трубопроводов и методику автоматизированного трассирования и оценки качества трассирования с использованием ГИС
- Продемонстрировать возможности интерпретации полученных результатов с использованием виртуальных моделей местности .

Методика исследования. Настоящие исследования основаны на покомпонентном анализе факторов среды, осложняющих строительство трубопроводов (при учете уже существующих и принятых к исполнению норм оценки финансовых затрат в зависимости от условий строительства, а также требованиях СНиП для магистральных трубопроводов), а также на методических принципах тематического картографирования и достижениях геоинформационных технологий в области анализа многомерных данных и обработки исходной информации.

Разработка методики картографирования базировалась на личных исследованиях автора за период работы в 2001-2005 г.г. В работе использовались картографические материалы, предоставленные НИЛ комплексного картографирования географического факультета МГУ, ЗАО ПГФ

«Диорит», РАО «РосНефтегазСтрой» , а также материалы публикаций, посвященных объекту исследования.

Структура диссертационной работы охватывает процесс создания целевой ГИС территории от начального этапа обработки исходных данных до количественной оценки трасс, полученных автоматизированными методами. Методика автоматизированного трассирования строится на иерархически упорядоченном анализе факторов среды строительства и оценке их влияния на стоимость работ с последующей интеграцией полученной синтетической информации. Результатом интеграции является поверхность распределения величины дополнительных затрат на строительство трубопровода для исследуемой территории с последующим автоматизированным расчетом оптимальной трассы между любыми 2-мя точками исследуемой территории

Критерием оптимальности трассы выбрана минимизация финансовых затрат на строительство линейной части трубопровода (без отводов) без учета экологической и социальной составляющей, методика точной финансовой сметной оценки которых недостаточно разработана; кроме того, подобные затраты не входят в стоимость самого проекта и не учитываются при разработке проектной документации. Несомненно, влияние этих двух составляющих стоимости проекта должно рассматриваться при оценке трасс, однако на данном этапе эти аспекты нами не рассматривались.

В работе проанализирован масштабный уровень 1:200 000, соответствующий этапу технико-экономического обоснования проекта; методические принципы и коэффициенты, указанные в работе для тестового региона, корректны для диапазона масштабов 1:100 000 - 1:300 000. Рассмотрение других масштабных уровней являет собой отдельные задачи, решаемые по совершенно другим принципам и с использованием иных подходов, что также не входит в круг задач данной работы.

Основные результаты и их научная новизна. Выполненные исследования и обобщение опубликованных работ позволили автору получить следующие результаты:

-разработана геоинформационная методика оценки (с высокой пространственной дискретностью) влияния компонентов географической среды на стоимость строительства трубопровода

-предложены методы обработки и хранения данных о географической среде в составе ГИС с целью их использования для геоинформационного обеспечения автоматизированного трассирования трубопроводов.

-научно обоснована возможность использования существующего картографического обеспечения РФ и геоинформационных систем (ГИС) для автоматизированного трассирования трубопроводов.

-на базе разработанной методики создана геоинформационная система для проведения автоматизированного трассирования на примере Березовского района ХМАО и предложена методика автоматизированного трассирования на различных масштабных уровнях.

Практическая значимость проведенных исследований заключается в разработке научно-методических подходов к количественной оценке качества предлагаемых трасс трубопроводов средствами ГИС и разработке производственно-применимых ГИС для автоматизированного трассирования трубопроводов на этапе ТЭО с оптимизацией трасс по критерию «минимальные финансовые затраты на строительство линейной части трубопровода». Результаты работ представляют интерес для широкого круга специалистов нефтегазовой и транспортной отраслей, а также географов. Предложенная методика трассирования (в масштабе 1:100 000-1:300 000) востребована в первую очередь проектными институтами.

Реализованная ГИС с приложенным инструментарием и наборами данных в сочетании с методикой их интерпретации позволяет вести полностью автоматизированное трассирование между любыми двумя точками, указанными

пользователем на исследуемой территории (Березовский район Ханты-Мансийского автономного округа) с автоматическим расчетом стоимости полученной трассы.

В научно-исследовательских работах целевая ГИС, составленная по предложенной методике, может служить базой для решения задач моделирования возможного дальнейшего развития и реконструкции транспортных трубопроводных систем, расчета возможности возникновения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и т.п.

Структура и объем работы Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, приложений, включающих нормативные требования к трассированию, примеры визуализации наборов данных для проведения автоматизированного трассирования и списка использованной литературы. Работа содержит 181 страницы машинописного текста, 29 иллюстраций. Библиография включает 66 наименований.

Апробация работы.

Основные результаты работы рассматривались на международных научных конференциях (ИнтерКарто-10, 8-й конференции пользователей ESRI, Голицино 2002), на 10-м Международном симпозиуме по управлению пространственными данными (Advances in spatial data handling, 10th International Symposium on Spatial Data Handling, 2002 г.), а также опубликованы в ряде изданий (Вестник Московского Университета, серия 5, География, 2004; в учебном пособии «Основы геоинформатики» и учебнике «Геоинформатика» и др.). Методика излагалась студентам Российского химико-технологического университета им.Д.И.Менделеева в процессе чтения курса «Геоинформатика». Методика применялась при составлении некоторых карт для Атласа Ханты-Мансийского автономного округа (2005).

Автор выражает глубокую благодарность за помощь в формировании структуры работы и в процессе ее выполнения В.С. Тикунову, а также И.К. Лурье, М.Н. Губанову, Ю. В. Онищенко за ценные советы и практическую

помощь. Выражаю признательность Д.А. Парамонову за помощь в подготовке исходных материалов. Автор признателен всем сотрудникам Лаборатории комплексного картографирования и кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ за ценные замечания, высказанные в процессе написания работы и ее обсуждения.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО И КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАССИРОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ.

Решением проблемы автомагистированного трассирования трубопроводов начали заниматься в начале 1970-х годов, когда вышли в свет работы, посвященные теоретическому решению задачи оптимального трассирования с использованием математических моделей [Березин В.И., Бородавкин П.П., 1973]. К 1980 г. начинают применяться ЭВМ, при этом используется цифровая модель региона строительства [Бородавкин П.П., 1977], представленная не в виде пространственно-координированных данных об объектах с атрибутивной и геометрической составляющими, а в виде созданной и вводимой сети векторов (возможных направлений трассирования), информация для которой вручную снималась с карт, анализировалась и подвергалась дополнительным расчетам. В результате машина производила оптимизацию трассы с использованием данной сети (без пространственной привязки), то есть была реализована полуавтоматическая методика.

Дальнейшее развитие автоматизированного трассирования в СССР шло по пути математического моделирования, в то время как для решения подобной задачи более подходит геоинформационное моделирование. Несмотря на развитие геоинформационных технологий в 90-е гг., проблемы автоматизированного трассирования решены не были. В данный момент использование ГИС для информационного обеспечения трубопроводного строительства (и трассирования) находится на недостаточном уровне;

фактически ГИС используются как хранилища информации, реализующие функции простейшего анализа данных и запросов к ним.

Наибольший прогресс в области автоматизации методов трассирования был достигнут на этапе рабочего проектирования, ведущегося в пределах некоторого коридора шириной 1-4 км. Однако основное влияние на цену строительства всей трубопроводной системы оказывает выбор трассы на этапе технико-экономического обоснования (ТЭО), когда определяется тот коридор, в пределах которого ведется рабочее проектирование. К сожалению, разработок по автоматизированному трассированию на этапе ТЭО в последние годы не было.

Основными проблемами, препятствующими проведению автоматизированного трассирования средствами ГИС и в настоящее время, являются:

- отсутствие четкого критерия оптимальности трассы;
- отсутствие методики адекватной оценки стоимости строительства на некоторой элементарной территории в соответствии с представленными на ней объектами среды;
- отсутствие методики информационного обеспечения автоматизированного трассирования средствами ГИС;
- отсутствие четких критериев оценки качества трассирования.

В ходе исследований 1970-1990-х гг. были разработаны актуальные и в настоящее время методы определения границ региона, подлежащего информационному обеспечению; выделены основные факторы окружающей среды, оказывающие влияние на прокладку трубопровода; а также определены основные алгоритмы нахождения оптимальной трассы трубопровода по решетчатой модели направлений возможных движений – алгоритмы Белямана, Ли, ускоренного поиска и проч. Также были разработаны методы создания решетчатых моделей с использованием топокарт и аэрофотоснимков (с ручным вводом данных и хранением в кодированной форме в памяти компьютера). В

измененной форме эти методы могут быть использованы и сейчас. Современный уровень развития ГИС-технологий позволяет значительно ускорить и автоматизировать ввод информации с целью последующего использования ее для автоматизированного трассирования. При этом, в отличие от описанных методик, работа ведется с пространственно координированными данными, дающими возможность после проведения трассирования сразу же получить трассу в реальных пространственных координатах (например, в системе СК 42). Кроме того, Современный уровень развития вычислительной техники позволяет решать задачи оптимизации трассы на сетях с размерностью в сотни миллионов ячеек, решая задачи трассирования на огромных территориях.

Наиболее важным этапом в подготовке информационного обеспечения является оценка стоимости строительства на некоторой территории. Начиная с 70-х гг., она решалась путем введения системы категорий и типов территорий с последующим расчетом осредненной стоимости строительства по каждой из категорий. Основным недостатком этой системы являлось чрезвычайное загромождение и осреднение разнообразия природных условий. Так, наиболее полные системы категорий для трассирования включали в себя 80 категорий, в то время как по самым скромным подсчетам количество вариантов сочетаний природных условий (стоимость прокладки по каждому из вариантов является уникальной) составляет до 1000 000.

Подобное количество категорий местности не может быть описано заранее. Представляется более правильным перейти к оценке влияния каждого из факторов природной среды на формирование стоимости прокладки в каждой точке территории – с тем, чтобы впоследствии перейти к интегральной оценке суммарного влияния факторов природной среды. В данной работе описывается методика финансовой оценки влияния каждого из факторов среды на стоимость строительства в данной точке и учета совокупного влияния факторов в каждой точке региона строительства.

Несмотря на отсутствие четкой методики информационного обеспечения строительства, общая картографическая и информационная обеспеченность территории РФ находится на достаточно высоком уровне. Наиболее полно представлены топографические и геологические карты масштаба 1:200000-1.500000 (в том числе и в векторной форме), являющиеся основными источниками информации для трассирования. Это создает хорошие предпосылки для использования разработанной методики на всей территории РФ.

Для практической отработки методики трассирования в качестве тестового полигона был выбран Березовский район Ханты-Мансийского АО площадью около 90 000 км². Район характеризуется достаточно сложными климатическими условиями, низкой хозяйственной освоенностью, но эта территория обязательно будет использоваться для строительства новых трубопроводных систем. Реализация здесь любого проекта по строительству трубопроводов будет связана со значительными издержками, и потому задача их минимизации особенно важна.

В данной работе предложена методика автоматизированного построения трассы трубопровода по критерию «минимальные финансовые затраты на строительство линейной части трубопровода». В качестве основной методики информационного обеспечения автоматизированного трассирования было выбрано создание целевой ГИС автоматизированного трассирования на базе коммерческого пакета ArcView 3.2

2. МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ГИС ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАССИРОВАНИЯ

Были выделены следующие природные и антропогенные факторы, влияющие на стоимость строительства:

Таблица 1

Фактор	Число градаций
Рельеф: продольные уклоны (градации: <15 градусов, 15-20, 20-28, > 28)	4
Рельеф: поперечные уклоны (градации: <12 градусов, 12-18, > 18)	3
Грунт: прочность (5 условных категорий)	5
Гидрография: реки (<10м, 10-30м, 30-100м, 100-300м, 300-1500 м, >1500)	6
Гидрография: озера (наличие-отсутствие)	2
Гидрография: болота (I,II,III категория)	3
Растительность: тип (лес хвойный, лиственный, лес смешанный, нет леса)	4
Растительность: толщина (<16 см, до 20, до 24, до 28, до 32, >32 см)	6
Уровень грунтовых вод (высокий, низкий)	2
Мерзлота (4 условных категорий)	4
Пересечения коммуникаций (пересечение автодороги с покрытием, автодороги без покрытия, ж/д, ЛЭП, трубопровода, нет пересечений)	6
Ответственность строительства (4 условных категорий)	4
Тип прокладки (подземный, наземный, надземный)	3
Наличие опасных процессов (активные разломы, осыпи, оползни, курумы, сели, зоны затопления, районы высокой сейсмичности, нет)	8
Наличие запретных объектов (есть-нет)	2
Использование в сельском хозяйстве (используется-неиспользуется)	2

С учетом невозможности сочетания целого ряда факторов, фактическое число возможных типов территорий с разной стоимостью строительства составляет около 360 000 вариантов. В то же время максимальное количество типов территорий в предшествовавших исследованиях составляло 80. Кроме того, ранее для автоматизированного трассирования использовались решетчатые модели с ячейками очень большого размера – 1000м и более, что соответствует детальности масштаба 1:2500000, а это совершенно недостаточно для трассирования на этапе ТЭО. Несомненно, даже при такой длине дуг ручная технология сбора пространственных данных является крайне непродуктивной.

Для устранения этих недостатков представляется целесообразным проводить автоматизированное трассирование на основании:

-использования компонентного подхода с последующей агрегацией данных и синтезом расчетной величины стоимости строительства трубопровода (факторный анализ компонентов окружающей среды);

-использования шага сетки в 100 м, адекватного точности картографических материалов масштаба 1:200 000, что приемлемо для этапа ТЭО. Использование более мелкого шага возможно, однако сопряжено с экспоненциальным повышением затрат на получение входной информации (данные масштаба 1:50 000 и крупнее) и проблемой ее частичного отсутствия либо чрезвычайной разнородности.

-использования ГИС как основного инструмента для сбора, обработки и синтеза информации, в том числе -- для создания итоговой сети дуг для построения по ней оптимальной трассы трубопровода и проведения автоматизированного трассирования. В качестве основного пакета для создания целевой ГИС был выбран коммерческий пакет ArcView 3.2., позволяющий легко создавать пользовательские модули ГИС-анализа и управления данными.

Возможность реализации упомянутого компонентного подхода с последующим синтезом расчетной величины стоимости строительства трубопровода в каждой точке пространства имеет следующее обоснование

Согласно существующим правилам оценки (СНиП-91 (сборники 51-69), и т.п.), если на некоторой территории встречается более одного осложняющего фактора, то расчет итоговой стоимости прокладки ведется следующим образом.

Участок представлен крутым склоном, поросшим лесом. За 1 принимается стоимость прокладки трассы данной протяженности на неосложненной территории; пусть $(1+X)$ – стоимость прокладки трассы данной протяженности в лесу, а $(1+Y)$ – стоимость прокладки трассы данной протяженности на склоне. Итоговая стоимость прокладки на залесенном склоне составит: $(1+X+Y)$. В некоторых случаях, оговоренных в нормативных документах, предусматривается перемножение коэффициентов (когда повышение цены на все виды работ носит систематический характер – например, проведение работ в районах Крайнего Севера).

Таким образом, современная система сметной оценки стоимости строительства (принятая для всех хозяйственных операций на территории

РФ в течение последних 30 лет) основывается на принципе суперпозиции, когда каждая из величин увеличения может быть рассмотрена в отдельности, а затем итоговый результат получается суммированием слагаемых, и, в отдельных случаях – их перемножением .

В приведенном примере величины X и Y назовем дополнительными относительными затратами (ДОЗ) по каждому из факторов осложнения строительства. Вычислить величину ДОЗ по одному фактору (F_x) возможно путем сравнения абсолютной стоимости строительства на идеальной территории (стоимость I) и на той же территории, осложненной только этим фактором (стоимость F). Пронормировав величину I по F, мы получим коэффициент K_x, отражающий относительный вклад фактора X в стоимость прокладки трубопровода.

Из таблицы I следует, что общее количество подобных расчетов составляет 64. Проведя их в соответствии с учетом всех сметных нормативов, мы получим величины ДОЗ по каждому фактору в каждой из градаций, что позволит нам, используя принцип суперпозиции, произвести расчет стоимости строительства для любого из 360 000 возможных вариантов сочетаний факторов осложнения строительства и в любой точке тестового полигона. Использование в расчетах относительной, а не абсолютной стоимостей дает исследователю большую гибкость. Это позволяет не привязываться в расчетах к конкретным ценам текущего периода, которые (относительно друг друга) останутся более или менее одинаковыми, а также позволяет производить расчеты и публиковать материалы не опасаясь нарушения чьей-либо коммерческой тайны.

После проведения анализа существующих методов расчета стоимости прокладки трубопровода была составлена следующая таблица факторов и их градаций, для которых должны были быть произведены комплексы факторных расчетов. Количество градаций факторов в данной таблице было несколько уменьшено, поскольку для ряда градаций изменение стоимости работ (из-за

наличия отдельных градаций того или иного фактора осложнения строительства) согласно сметным нормам одинаково.

Полный расчет абсолютной стоимости прокладки по каждому из вариантов трасс, указанных в таблице, позволяет выделить абсолютный вклад каждого фактора осложнения строительства в итоговую стоимость строительства в пределах некоторой территории, где набор факторов осложнения и их градации остаются неизменными. В дальнейшем будем называть подобную территорию элементарным участком трассирования.

Для практической реализации вышеописанного компонентного подхода и пофакторной оценки итоговой стоимости строительства необходим переход от данных информационного обеспечения проекта к градациям, приведенным в Таблице 1. . Основными источниками информации для трассирования являются топографические, геологические, инженерно-геологические карты, а также данные дистанционного зондирования (аэрофотоснимки, космические снимки), и ряд прочих материалов. Использование ГИС для обработки, ввода и хранения исходных данных позволяет применить для этого средства автоматизации и геомоделирования.

Итоговый расчет трассы осуществляется по регулярной модели данных (поверхности), представленной в формате GRID. Поэтому в ходе этапов

Тип прокладки	Уклон продольн.	Уклон поперечн.	Категория прочности грунта	Реки	Болота категории	Лес с тощ. ствол-лов	Наличие обводненного грунта	Уровень ответственности (I,II,III,IV)	Переходы через коммуникации
П	0-15	0-12	1	нет	нет	нет	не обв.	4	нет
П	15-20	0-12	1	нет	нет	нет	не обв.	4	нет
П	20-28	0-12	1	нет	нет	нет	не обв.	4	нет
П	>28	0-12	1	нет	нет	нет	не обв.	4	нет
П	0-15	12-18	1	нет	нет	нет	не обв.	4	нет
П	0-15	18-28	1	нет	нет	нет	не обв.	4	нет
П	0-15	0-12	2	нет	нет	нет	не обв.	4	нет
П	0-15	0-12	3	нет	нет	нет	не обв.	4	нет
П	0-15	0-12	4	нет	нет	нет	не обв.	4	нет
П	0-15	0-12	>5	нет	нет	нет	не обв.	4	нет
П	0-15	0-12	1	10-30	нет	нет	не обв.	4	нет
П	0-15	0-12	1	нет	1	нет	не обв.	4	нет
П	0-15	0-12	1	нет	2	нет	не обв.	4	нет
П	0-15	0-12	1	нет	нет	<16 см	не обв.	4	нет
П	0-15	0-12	1	нет	нет	<20 см	не обв.	4	нет
П	0-15	0-12	1	нет	нет	<24 см	не обв.	4	нет
П	0-15	0-12	1	нет	нет	<28 см	не обв.	4	нет
П	0-15	0-12	1	нет	нет	<32 см	не обв.	4	нет
П	0-15	0-12	1	нет	нет	>32 см	не обв.	4	нет
П	0-15	0-12	1	нет	нет	нет	обв. гр.	4	нет
П	0-15	0-12	1	нет	нет	нет	не обв.	3	нет
П	0-15	0-12	1	нет	нет	нет	не обв.	2	нет
П	0-15	0-12	1	нет	нет	нет	не обв.	1	нет
П	0-15	0-12	1	нет	нет	нет	не обв.	4	нет
П	0-15	0-12	1	нет	нет	нет	не обв.	4	А/д без покр.
П	0-15	0-12	1	нет	нет	нет	не обв.	4	А/д с покр.
П	0-15	0-12	1	нет	нет	нет	не обв.	4	Ж/д
П	0-15	0-12	1	нет	нет	нет	не обв.	4	ЛЭП
П	0-15	0-12	1	нет	нет	нет	не обв.	4	Труб-вод

Таблица 2 Сокращения. «П» – подземный, «Н» – наземный, «НД» – надземный. «Не обв.» – не обводнен, «Обв. гр.» – обводненный грунт. «А/д без покр.» – автодорога без покрытия. «А/д с покр.» – автодорога с покрытием

обработки данных происходит последовательное преобразование различных видов моделей данных к регулярной модели (GRID). При использовании векторных данных технология перехода к модели GRID такова:

Выбирается группа объектов полигонального, линейного или точечного характера (например, реки, представленные линейными знаками). Для объектов данного типа определяется (см. ниже) размер буферной зоны, и строится соответствующая буферная зона. В итоге получается полигональный объект. Полученному полигональному объекту присваивается атрибут – вес, равный величине дополнительных относительных затрат, возникающих из-за наличия данного объекта в данном месте. Полигональный объект конвертируется в регулярную модель данных (GRID) с заданным пространственным разрешением.

Данные в векторной форме и в виде регулярных моделей данных (РМД) пригодны для автоматизированной обработки сразу. Данные в растровой форме (карты, ДДЗ) геопривязываются и используются для создания новых или обновления устаревших векторных данных. Информация о рельефе может быть использована в автоматизированном режиме только при хранении данных в виде цифровой модели рельефа (ЦМР) в форме РМД. Инструментарий построения ЦМР регулярного типа по векторным данным на сегодняшний день достаточно развит, и не представляет значительных методологических трудностей.

Обработка картографических данных и перевод их в форму РМД в формате GRID производились с использованием специализированных программных модулей, создававшихся как в среде ArcView 3.2 (язык Avenusc), так и в среде Delphi.

Для каждого объекта, относящегося к факторам осложнения строительства строилась буферная зона, величина которой устанавливалась в соответствии с СНиП на строительство трубопроводов.

Финальная РМД относительной стоимости прокладки трубопровода (описывающая «ценовую поверхность») строилась как функция от всех РМД по каждому из факторов:

$$\text{GRID FIN} = (\text{GRID A}) * (\text{GRID RL} + \text{GRID RT} + \text{GRID G} + \text{GRID H} + \text{GRID SW} + \text{GRID V} + \text{GRID HU} + \text{GRID D} + \text{GRID COM} + \text{GRID INJ} + \text{GRID FRZ} + \text{GRID PRH} + \text{BASE}),$$

Здесь: BASE – базовая стоимость прокладки на идеальной территории, GRID A – поверхность распределения умножительного коэффициента удорожания «за тип рельефа» и «за наличие инженерно-геологических процессов, обусловленных данным типом рельефа», GRID RL – поверхность распределения суммируемого коэффициента удорожания «за продольные уклоны» и «поперечные уклоны»; GRID G – поверхность распределения суммируемого коэффициента удорожания (ДОЗ) «за прочность грунта»; GRID H – поверхность распределения суммируемого коэффициента удорожания (ДОЗ) «за объекты гидрографии», GRID SW – поверхность распределения суммируемого коэффициента удорожания (ДОЗ) «за болота»; GRID V – поверхность распределения суммируемого коэффициента удорожания (ДОЗ) «за растительность»; GRID HU – поверхность распределения суммируемого коэффициента удорожания (ДОЗ) «за грунтовые воды»; GRID D – поверхность распределения суммируемого коэффициента удорожания (ДОЗ) «за уровень ответственности»; GRID COM – поверхность распределения суммируемого коэффициента удорожания (ДОЗ) «за пересечение коммуникаций», GRID FRZ – поверхность распределения суммируемого коэффициента удорожания (ДОЗ) «за многолетнемерзлые грунты», GRID PRH – поверхность распределения суммируемого коэффициента удорожания (ДОЗ) «за запретные территории»; GRID CRACK – поверхность распределения суммируемого коэффициента удорожания (ДОЗ) «за активные геологические разломы», GRID FIN – итоговая поверхность, вычисляемая с использованием всех вышеперечисленных РМД

В ходе работ было произведено построение цифровой модели рельефа (ЦМР) региона трассирования по новой методике, позволяющей получить более корректные результаты без использования дополнительных данных. Указанная методика не реализована в существующих ГИС-пакетах и потребовала создания специализированных ГИС-приложений. Был отработан ряд решений по реализации рассмотрения нескольких вариантов прохождения трассы по склону, поперек него и по диагонали. Для этого используются данные как абсолютной величины уклонов, так и экспозиции склонов, чего не предусматривает стандартное программное обеспечение ни одного ГИС-пакета. Итогом проделанного комплекса работ является ГИС, включающая в себя следующие наборы данных:

1. Блок исходных подготовленных данных: - векторные топографические карты, геопривязанные космические снимки, гидрологически корректные цифровые модели рельефа;

2. Блок дополнительных материалов – растровых картографических данных и данных дистанционного зондирования Земли;

3 Блок производных картографических данных: обновленные по спутниковым снимкам векторные материалы, поверхности углов наклона и экспозиции склонов, векторные полигональные буферные зоны объектов, относящихся к каждому фактору осложнения строительства в каждой из градаций (рек, озер, запретных территорий и т.п.).

4. Блок регулярных моделей данных по каждому из факторов в каждой из градаций, показывающих наличие или отсутствие в данной точке местности данного фактора в данной градации (бинарные РМД).

Помимо указанных блоков данных, обеспечивающих всестороннее информационное обеспечение автоматизированного трассирования, был разработан собственно блок трассирования, включающий в себя инструментарий для проведения интерактивного трассирования по полученным наборам данных.

3.АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ТРАССИРОВАНИЕ: ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАССЫ, ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Основываясь на указанных в таблице 2 вариантах сочетаний факторов осложнения строительства (в приведенных градациях) был произведен комплекс сметных расчетов абсолютной величины стоимости строительства трубопроводов.

Поскольку проведение сметных расчетов стоимости строительства трубопроводов является крайне сложной, детальной и многоплановой операцией, и таких комплексов операций требовалось произвести несколько десятков, мы обратились за помощью в организацию, специализирующуюся на подобных расчетах.

Комплекс сметных расчетов был выполнен ЗАО НПВО «НГС Оргпроектэкономика» (Москва, ул. Народная, д.4, официальный сайт – www.egmos.ru) Данная компания имеет большой опыт сметных расчетов, и, что особенно важно – значительный опыт работы именно в условиях российской экономики последних 10-15 лет. Наиболее значимые комплексы расчетов были проделаны данной компанией в рамках реализации проектов трубопроводных систем «Северные районы Тюменской области (СРТО)-Торжок» и «Восточная Сибирь – Тихий Океан (ВСТО)» – наиболее крупный проект трубопроводного строительства в России за последние 15 лет. Все расчеты производились по единой схеме с использованием средств автоматизированного учета нормативных требований, государственных стандартов (ГОСТ), строительных норм и расценок (СНиР) и строительных нормативов и правил (СНиП). В качестве идеального участка, для которого величина ДОЗ (дополнительные относительные затраты) принималась равной 0, а величина ПОЗ (полные относительные затраты) равной 1, был выбран следующий тип местности: величина продольных и поперечных уклонов менее 10 градусов, сложен рыхлыми грунтами, не обводнен используется подземный тип прокладки, растительности, объектов гидрографии и болот нет, переходов через коммуникации и через разломы нет, опасных инженерных процессов на территории не отмечено.

В качестве вводных параметров для проектируемого трубопровода принимались следующие: проектируется строительство нефтепровода, диаметр нефтепровода – 1420 мм, строится 1 нитка трубопровода в районе, приравненном к условиям Крайнего Севера, в сметную стоимость заложена цена отечественной трубы Цены рассчитаны на конец 2003 г После выполнения всех расчетов по каждому из вариантов была составлена Отметим, что запретным территориям присваивался крайне большой весовой коэффициент осложнения, или дополнительные относительные затраты –

Таблица 3.

№	Полная сметная стоимость за 20 км трассы, тыс. р.	Стоимость отечественных труб диаметром 1420 мм за 20 км трассы, тыс. р.	Полная сметная стоимость за 0.1 км трассы, тыс. р.	Стоимость отечественных труб диаметром 1420 мм за 0.1 км трассы, тыс. р.	Величина ДОЗ (дополнительные относительные затраты),%	Величина ПОЗ (полные относительные затраты),%
1	642130	369 176	3211	1846	000,0	100
2	659114	369 176	3296	1846	002,6	103
3	686063	369 176	3430	1846	006,8	107
4	1246372	369 176	6232	1846	094,1	194
5	1136435	369 176	5682	1846	077,0	177
6	1137690	369 176	5688	1846	077,2	177
7	643103	369 176	3216	1846	000,1	100
8	648194	369 176	3241	1846	000,9	101
9	1125732	369 176	5629	1846	075,3	175
10	1136789	369 176	5684	1846	077,0	177
11	642130	369 176	3211	1846	000,0	100
12	928714	369 176	4644	1846	044,6	145
13	1059852	369 176	5299	1846	065,0	165
14	648045	369 176	3240	1846	000,9	101
15	649446	369 176	3247	1846	001,1	101
16	653018	369 176	3265	1846	001,7	102
17	651663	369 176	3258	1846	001,5	101
18	649933	369 176	3250	1846	001,2	101
19	651894	369 176	3259	1846	001,5	102
20	778751	369 176	3894	1846	021,3	121
21	757528	443 809	3788	2219	018,0	118
22	1416617	598 959	7083	2995	120,6	221
23	1775870	779 184	8879	3896	176,6	277
24	1801345	369 176	9007	1846	180,5	281
25	1221866	369 176	6109	1846	090,3	190
31	4100000	779200	20500	3896	1177,0	1277
32	4400000	779200	22000	3896	1270,4	1370
33	4800000	779200	24000	3896	1395,0	1495
34	1775870	779184	8879	3896	176,6	277

стоимость строительства здесь дороже в 100 раз. Анализируя данную таблицу, следует учитывать, что более половины от стоимости строительства на «идеальной» территории, где величина ДОЗ = 0, а ПОЗ = 1, составляет стоимость трубы, в данном случае – отечественной.

Используя уже готовые наборы данных (регулярные модели данных, или РМД) в формате GRID, которые являют собой поверхности распределения

суммируемого коэффициента удорожания (ДОЗ) по каждому фактору осложнения строительства (наличие-отсутствие данного фактора в данной градации), и рассчитанные величины ДОЗ, стало возможно перейти к созданию блока 5 ГИС автоматизированного трассирования (см. гл.2) , где каждая новая РМД получена путем перемножения соответствующей РМД (из блока 4) на ДОЗ соответствующего фактора в соответствующей градации.

Информационное наполнение блока 6 было осуществлено путем создания итоговой РМД, по которой и будет производиться автоматизированное трассирование. Для этого мы использовали формулу, приведенную ранее $GRID\ FIN = (GRID\ A) * (GRID\ RL + GRID\ G + GRID\ H + GRID\ SW + GRID\ V + GRID\ HU + GRID\ D + GRID\ COM + GRID\ CRACK + GRID\ FRZ + GRID\ PRII + BASE)$, где BASE – базовая стоимость прокладки на идеальной территории.

В данном случае, поскольку во всех РМД, используемых в данной формуле, используются величины ДОЗ (дополнительных относительных затрат по каждому фактору осложнения строительства), то величина BASE равна 1. Полученная итоговая РМД – GRID FIN – является исходной информацией для построения по ней сети дуг (регулярной сети с диагоналями), пригодной для расчета оптимальной трассы с использованием алгоритма Ли.

Для проведения непосредственного автоматизированного трассирования по полученной РМД (GRID FIN) из точки А в точку К использовался ГИС-пакет ArcView 3.2a: базовый модуль и дополнительный модуль пространственного анализа Spatial Analyst. Точки А и К могут быть произвольно выбраны в ЛЮБОМ месте тестового полигона. Итогом обработки запроса пользователя является трасса и отчет о стоимости прокладки между указанными пользователем точками в абсолютных или относительных величинах. Время трассирования при протяженности трассы до 500 км составляет не более 6 часов, что на несколько порядков превышает темпы трассирования с использованием экспертного метода, принятого на сегодняшний день в качестве основного.

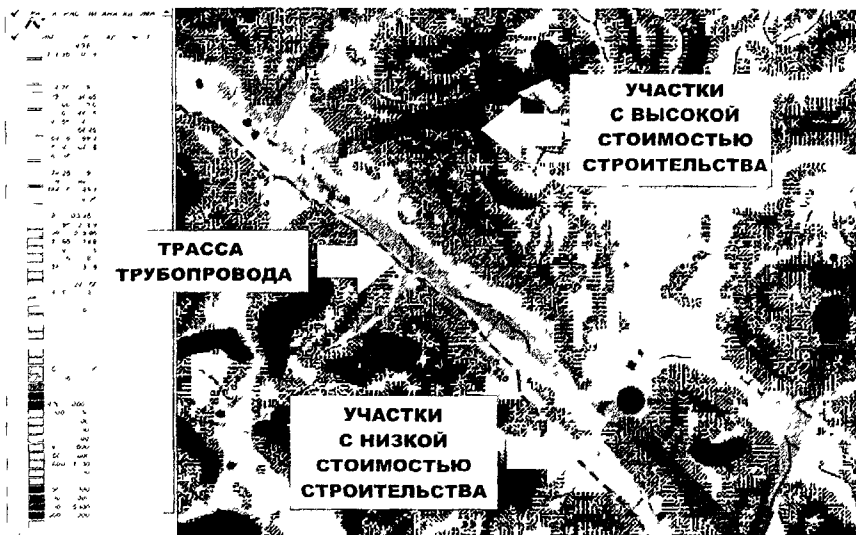


Рис 1 Нахождение оптимального пути по поверхности стоимости прокладки с использованием ArcView Spatial Analyst

Для оценки качества трассирования предложенным методом был применен способ выборочной сметно-проектной оценки, суть которого состоит в выборе некоторого (относительно короткого) участка трассы, осложненного наличием на территории более чем 1 фактора осложнения строительства, и последующем определении стоимости его строительства как предложенным способом (ГИС-методика), так и путем проведения стандартных сметных расчетов общей стоимости работ, и последующего сравнения результатов. За эталон точности при данном способе выбирается сметная оценка.

Был произведен комплекс расчетов, состоявший из 6 участков, осложненных наличием 2 факторов осложнения, и 4 участков, осложненных 3 факторами. Величина полученного отклонения результатов, полученных ГИС-методом, от результатов, полученных путем сметных расчетов, составила до 2 9%, что оценивается как вполне приемлемый результат,

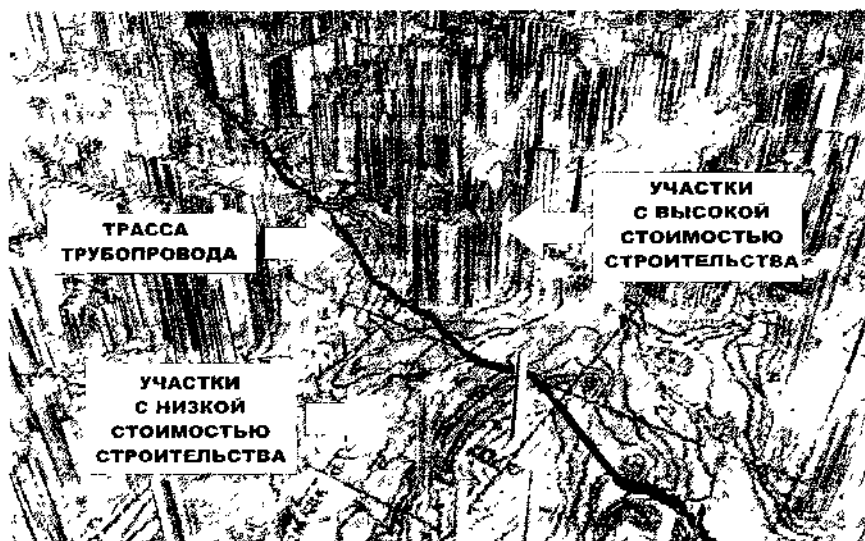


Рис 2 Визуализация трехмерной блок-диаграммы с трассой трубопровода, наложенной на «цифровую модель рельефа», где высота точки соответствует стоимости прокладки

принимая во внимание то, что точность самих сметных расчетов не превышает 7-10%. Осуществить сравнение подобным образом на трассе какого-либо трубопровода целиком в рамках данной работы не представляется возможным ввиду значительных финансовых затрат. Для визуализации вариантов трасс трубопроводов использовались методы создания виртуально-реальностных изображений и анимаций, описанных в работах (2, 3, 5-9). Пример трассы трубопровода в пространстве виртуальной модели местности приведен на рис 2.

В заключение отметим, что реализация данного подхода на практике не ограничивается детальностью этапа технико-экономического обоснования – например, рабочего проектирования. Несмотря на достаточно большие финансовые затраты экономический эффект от автоматизированного трассирования составляет сотни процентов величины затрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе научно-исследовательской работы решена основная задача диссертации - разработка теоретических основ геоинформационного обеспечения и методики автоматизированного трассирования магистральных трубопроводов на этапе технико-экономического обоснования (ТЭО) с оценкой стоимости строительства в каждой точке тестового региона.

Результаты исследовательской работы состоят в следующем:

- Разработана геоинформационная методика оценки (с высокой пространственной дискретностью) влияния компонентов географической среды на стоимость строительства трубопровода.
- Предложены методы обработки и хранения данных об окружающей среде в составе ГИС с целью их использования для автоматизированного трассирования трубопроводов.
- Обоснована возможность использования существующего картографического обеспечения РФ и геоинформационных систем (ГИС) для автоматизированного трассирования трубопроводов.
- На базе разработанной методики создана геоинформационная система для проведения автоматизированного трассирования на примере Березовского района Ханты-Мансийского автономного округа.

ПУБЛИКАЦИИ

Основные научные результаты изложены в статье опубликованной в рекомендованном ВАК РФ журнале:

1. Рыльский И.А. Оптимизация трасс трубопроводов с использованием ГИС-технологий. – Вестник Московского Университета, серия 5, География. 2004, № 4, с. 34-41,

а также следующих публикациях:

2. Rylsky I.A., Tikunov V.S., Yanvareva L.F. Animated Maps of the Forest and Field Dynamics in European Russia for the last 300 Years. - Proceedings of the 20th International Cartographic Conference. ICC 2001. Beijing, China, August 6-10, 2001, vol.2, pp. 1011-1021

3. Bogomolov N., Rylskiy I., Tikunov V. Creation of the Ananorphoses-Based 3D-Pyramidal BlockDiagrams. - Advances in spatial data handling: 10th International Symposium on Spatial Data Handling/Dianne E.Richardson, Peter van Oosterom (ed.) - Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hongkong, London, Mailand, Paris, Tokyo: Springer, 2002, pp. 465-473.

4. Rylskiy I.A. Corporative GIS and virtual modeling for pipeline systems. Angarsk-Datsin key study. - Proceedings of the International conference "Sustainable development of territories: GIS and practical experience", InterCarto/InterGIS 10, Vladivostok, Changchun (China), 2004, pp. 412-415.

5. Рыльский И.А. Виртуально-реальностные изображения. - В кн.: Основы геоинформатики В 2-х кн., Кн 1: Учебн. пособ. для студ. вузов. Под ред. В.С.Тикунова М., Академия, 2004, с. 298-313.

6 Рыльский И.А., Тикунов В.С. Картографические анимации. - В кн.: Основы геоинформатики. В 2-х кн., Кн 1: Учебн. пособ. для студ. вузов. Под ред. В.С.Тикунова. М., Академия, 2004, с. 313-331.

7. Рыльский И.А. Виртуально-реальностные изображения. - В кн.: Геоинформатика. Учебн. для студ. вузов. Под ред. В.С.Тикунова. М., Академия, 2005, с. 232-247.

8. Рыльский И.А., Тикунов В.С. Картографические анимации. - В кн.: Геоинформатика. Учебн. для студ. вузов. Под ред. В.С.Тикунова. М., Академия, 2005: с. 247-265.

9. Рыльский И.А., Тикунов В.С. Картографические анимации в кн.: Сборник задач и упражнений по геоинформатике. – Учебное пособие для студентов вузов. Под ред. В.С.Тикунова. М., Академия, 2005, с. 380-434.

Отпечатано в копицентре «СТ ПРИНТ» *И.п.п.*
Москва, Ленинские горы, МГУ, 1 Гуманитарный корпус
www.stprint.ru e-mail: zakaz@stprint.ru тел. 939-33-38
Тираж 150 экз. Подписано в печать 06.04.2006 г.

2006 A
7236

#-7236